

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

3 申請案號：93126791

4 申請日期：93年9月2日 ※IPC 分類：C22C^{38/06} H01M 8/06

一、發明名稱：(中文/英文)

B23H 5/00

抗氧化之肥粒不銹鋼

OXIDATION RESISTANT FERRITIC STAINLESS STEELS

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商艾帝產業公司

ATI Properties, Inc.

代表人：(中文/英文) 派翠克維卡若 Viccaro, Patrick

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國奧瑞岡阿爾巴尼東北老賽蘭路1600號

1600 N.E. Old Salem Road, P.O. Box 460, Albany, Or =
97321, USA

國 籍：(中文/英文) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共1人)

姓 名：(中文/英文)

傑姆拉可斯基

Rakowsky, James A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國：2003.9.3: 10/654,203

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

玖、發明說明：

【發明背景】

發明領域

本揭示有關製造具有至少一抗氧化表面之肥粒不銹鋼之方法。本揭示亦有關包括至少一抗氧化表面之肥粒不銹鋼，並進一步有關包括此等肥粒不銹鋼或其所形成之各種製品。

發明背景說明

燃料電池係經由導離子電解質使氣體燃料與氧化作用氣體以電化方式結合產生電及熱之能量轉換裝置。燃料電池之一主要特色為於無燃燒作用時將化學能直接轉換成電能之能力，此提供顯著較往復式動力機、燃氣輪機及其他習用產生能量之熱機械方法為高之轉換效率。對於相同之功率輸出，燃料電池產生較以化石燃料為基礎之技藝實質為少之二氧化碳放射量。燃料電池亦產生可忽略量之 SO_x 及 NO_x ，而此等為酸雨及光化毒煙之主要成份。

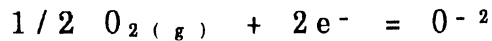
目前發展出若干類型之燃料電池。在此等燃料電池類型間之一主要差異為用作電解質之物質，後者影響操作溫度。美國航太總署(NASA)在1960年代開發各種內含液態電解質之鹼性燃料電池以提供阿波羅號及其他太空船之動力，而NASA目前使用大幅改良版於太空梭上。反之，固體氧化物燃料電池(SOFC)係將一快速氧離子傳導陶瓷(典型釔安定化之氧化鋯或"YSZ")用作電解質而為完全由固態物質構成，且在成 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($932\text{ }^{\circ}\text{F}$)至 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1832\text{ }^{\circ}\text{F}$)之溫度範圍內操作以利固態運輸。SOFC相對於其他燃料電池

類型之優點包括高能量效率及少許之電解質處理問題（液態電解質典型為腐蝕性且可能難以處理）。SOFC亦產生高等級廢熱，可用於熱與動力兩用裝置，故烩燃料之內部重組（以產生氫及甲烷）乃有可能。

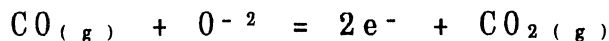
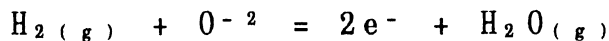
美國之SOFC開發促進組織為固態能量轉換聯盟(SECA) SECA係由一使用SECA會員公司所開發之技術專門建造整合SOFC之工業集團與一實施由該全體工業集團之需求所策動之基礎研究之核心技術集團組成。該由美國能源部石化能暑編制及監督之SECA計畫曾為開發中之SOFC設定某些成本及性能目標。

單一之SOFC“電池”或次單位包括一陽極及一陰極，係由電解質予以分開。由於目前生產之SOFC以高至約1000℃（約1832°F）之溫度操作，故各電極一般為由陶瓷材料構成以避免環境降解。陽極層及陰極層二者均經由一互連孔隙網路之建立而蓄意可滲透氣體，且為良好之導體（例如顯現實質無離子傳導性）。在目前生產之SOFC中，陽極典型為由導電鎳／YSZ複合體（一種陶瓷／金屬複合體或“陶金”）所形成。該鎳提供一連續之導電路徑，而YSZ作用以減小其複合體總體之熱膨脹係數而防止孔隙因燒結而關閉。鎳粒子因存在於陽極之富含氫氣體還原成純鈣而受保護保護而不氧化。該陰極可以例如錳酸鋇(LaMnO_3)為基底，典型為摻雜以鋇（取代一些鋇以產生 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ）以增進其導電性。該電解質典型為完全密實YSZ之薄層（相對於該陽極及陰極而言）。

在操作 SOFC 電池期間，於陰極側將氧化物（譬如氧氣或空氣）饋入該燃料電池內，而在該處因下列半電池反應接受來自外部電路之電子將氧離子供應至該電解質：



氧原子藉由固態擴散通過該 YSZ 電解質達於電解質／陽極介面。該 SOFC 可採用氫後／或一氧化碳作為基礎燃料。操作上，純氫可以供應之形成使用，而烴燃料譬如甲烷、煤油、汽油必須部份燃燒，或重組，成氫及一氧化碳。此典型係在燃料電池內輔以高操作溫度及蒸汽注入予以完成。燃料氣體混合物穿透該陽極到達陽極／電解質介面，而在該處於下列二半電池反應中與來自該離子傳導氧離子反應：



此將電子釋出再進入該外部電路。因氧離子經過電解質運送所致電荷之自陰極流向陽極恰由該外部電路內電子傳導所致電荷流予以平衡。維持總體電荷平衡需要驅動力。該外部電路內之電子流於約一伏之電位提供有用之動力。

為產生合理之電壓，故燃料電池不以單一單位操作，而係以一用一“互連件”在相鄰電池之陽極與陰極間連接及傳導電流之若干個別電池所成串聯配置予以構成之“堆疊”操作。一常見之堆疊設計為平板或“平面”型 SOFC（PSOFC），係以示意形式示於圖 1。在圖 1 之 PSOFC 10 中，一單一能量轉換電池 12 包括以電解質 40 分開之陰極 20 及陽極 30。互連件 50 將一在該堆疊內之相鄰能量轉換電池 14（

未完全顯示) 之陽極 30 與陰極 60 分開。PSOFC 10 包括一相同於電池 12 之重複電池配置，而每一相鄰單位間置放一互連件。

SOFc 互連件之設計具有關鍵性，因該互連件提供若干功能，包括分離及容盛各反應氣體並為電流提供低電阻路徑以便將各電池電串聯。一般而言，互連件材料必須忍受電池內嚴厲之高溫環境；必須具有合宜導電性（包括任何氧化物或其他形成於該材料上之表面薄膜或銹皮腐蝕）；且必須具有充份類似於電池內陶瓷電極熱膨脹係數 (CTE) 之 CTE，以確保該燃料電池堆疊之必要結構完整性及氣密性。

初期 PSOFC 設計將經摻雜之鉻酸鋇陶瓷材料用作互連件。鉻酸鋇陶瓷不在 SOFC 操作時之高溫度降解，且具有實質上與該燃料電池之其他陶瓷成份匹配之熱膨脹係數。然而，鉻酸鋇陶瓷質脆、難以製作且極昂貴。為應付此等缺陷，曾建議將金屬互連件用於 PSOFC。此類包括由鎳底合金譬如 AL 600 (商標) 合金及某些沃斯田不銹鋼譬如 300 族系 (其原型為 304 型合金) 形成之互連件。肥粒不銹鋼譬如 ALFA-II (商標) 合金、E-BRITE (註冊商標) 合金及 AL 453 (商標) 合金亦曾經建議用於 PSOFC 互連件。表 1 提供前述鎳底及不銹鋼合金之標稱組成，凡此均可購自賓州匹茲堡 Allegheny Ludlum 公司。

表 1

組成 (重量%)

合金	鎳	鉻	鐵	鋁	矽	錳	其他
AL 453	0.3	22	餘量	0.6	0.3	0.3	0.06
合金	最大						鈾+鐳 最大
E-BRITE	0.15	26	餘量	0.1	0.2	0.05	1
合金	最大						鉬
ALFA-II	0.3	13	餘量	3	0.3	0.4	0.4
合金	最大						鈦
AL 600	餘量	15.5	8	--	0.2	0.25	--
合金							
304 型	8	18	餘量	--	--	--	--
合金							

肥粒不銹鋼具有某些使對 PSOFC 互連件應用具有吸引力之性質，包括低成本、良好製作性、以及與陶瓷相容之 CTE。然而，金屬互連件通常傾向在典型之 PSOFC 操作溫度形成具有低導電性之表面氧化物層。此層隨時間長厚且增大互連件及 PSOFC 堆疊整體之電阻係數。某些合金在高溫暴露於氧時形成以極慢速率加厚（例如 ALFA-II 合金之 Al_2O_3 銹皮）或高度導電（例如純或分散液強化鎳之 NiO 銹皮）之表面氧化物。然而，控制此二似乎全異因素（電阻係數及氧化物形成速率）之基礎機制實質上相同（該氧化物之電子缺陷結構），而產生極少許既緩慢生長又導電之氧化物。

肥粒不銹鋼作為互連件材料曾吸引注意，部份係因其在習用形式中發展出主要由氧化鉻(Cr_2O_3)構成之既較緩慢生長又於高溫導電之銹皮。依賴鉻氧化作用之耐熱合金可在較緩慢氧化物銹皮生長與高溫時可觀之導電性間提供折衷。儘管如此，商用氧化鉻形成用肥粒不銹鋼之氧化降解速率將造成燃料堆疊性能在一段時間內降解。另外，可構作互連件之非金屬材料尤其鈣鈦礦陶瓷（譬如鉻酸鋁）不顯現類似之降解，但將PSOFC堆疊之成本增高至不經濟之位準。

因此，有需要既經濟且在一段時間內受到PSOFC操作條件時顯現合宜抗氧化位準之新穎燃料電池互連件材料。更明確言之，有需要一種在暴露於高溫氧化環境時具有增進之抗氧化性之肥粒不銹鋼。

【本發明綜述】

為應付上述需求，本揭示提供一種製造具有抗氧化表面之肥粒不銹鋼物品之方法。該方法包括提供一包含鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼至少一表面予修飾以使經修飾表面在受到高溫氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且所具赤鐵礦結構不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。在該方法之某些具體形式中，該富含鋁之抗氧化氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 不同。又，在該方法之某些具體形式中，該肥粒不銹鋼之

經修飾表面係予電化學修飾，譬如將該表面電解拋光。

本揭示之標的亦為一種包括鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼之至少一表面予修飾以使該經修飾表面在750 °C (1382°F) 至850 °C (1562°F) 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達100小時或更久時發展出一富含鋁之氧化物銹皮，其中該氧化物銹皮包括鐵及鉻且具有赤鐵礦結構，a.在約4.95至5.04埃之範圍內而c.在約13.58至13.75埃之範圍內。

本揭示之進一步標的為一種製造具有抗氧化表面之肥粒不銹鋼物品之方法，而其中該鋼包括鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻，稀土金屬之總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼之抗氧化表面係藉由電化學修飾該表面譬如將該表面電解拋光予以提供。在該方法之一具體形式中，該經電化學修飾表面在750 °C (1382°F) 至850 °C (1562°F) 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達100小時或更久時發展出一包括鐵及鉻且具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮，a.在4.95至5.04埃之範圍內而c.在13.58至13.75埃之範圍內。又，在該方法之某些具體形式中，該物品為板、片、條、箔、棒、燃料電池互連件、高溫製造裝置、高溫處理裝置、鍛燒裝置、玻璃製造裝置、玻璃處理裝置、及熱交換器組件其中之一。將該肥粒不銹鋼表面電解拋光之一實例包括將該物品之表面置於含有電解拋光溶液及一陰極之浸浴內，並將電流通過該鋼與該陰極間以使

材料自該表面移除，從而減少表面粗糙度。曾發現經電解拋光之表面，舉例言之，在受到屬固體氧化物燃料電池內特性操作條件之溫度及蒙氣時顯現顯著增進之抗氧化性。

本揭示又一方面之標的為一種增進包含 16 至小於 30 重量 % 鉻、至少 0.2 重量 % 鋁、及至少一稀土金屬之肥粒不銹鋼物品之高溫抗氧化性之方法，其中稀土金屬之總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。該方法包括將該物品之一表面修飾，譬如電化學修飾該表面。經電化學修飾表面之一實例為電解拋光表面。經修飾表面在受到固體氧化物燃料電池互連件於燃料電池操作期間所受特性蒙氣及溫度條件時發展出一具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物層。

本發明一額外方面之標的為一種製造 SOFC 之方法。該方法包括提供至少一包括肥粒不銹鋼之 SOFC 互連件，該鋼包括鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻，其中稀土金屬之總重大於 0.02 重量 %。該互連件包括至少一經修飾之表面，在受到高溫之氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且所具赤鐵礦結構不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。在該方法之某些具體形式中，該富含鋁之抗氧化氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 不同。該互連件及包括至少一陽極、至少一陰極、及至少一電解質之額外組件予組裝以提供該 SOFC。

本揭示進一步方面之標的為一種製造固體燃料電池之方法，其中提供至少一互連件，包括一包含鋁、至少一稀

土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%。該互連件包括至少一經電化學修飾之表面。該表面可藉由例如將該表面電解拋光予電化學修飾。該互連件及包括至少一陽極、至少一陰極、及至少一電解質之額外組件予組裝以提供該燃料電池。在該方法之一具體形式中，一經電解拋光之表面在750 °C (1382 °F) 至850 °C (1562 °F) 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達100小時或更久時發展出一包括鐵及鉻且具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮， a_0 在4.95至5.04埃之範圍內而 c_0 在13.58至13.75埃之範圍內。

本揭示之標的亦為一種包括鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼尚包括至少一經修飾之表面，在受到高溫之氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且所具赤鐵礦結構不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha-Cr_2O_3$ 及 $\alpha-Al_2O_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。在某些具體形式中，該富含鋁之抗氧化氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha-Cr_2O_3$ 及 $\alpha-Al_2O_3$ 不同。又，在某些具體形式中，該氧化物銹皮之特徵為 a_0 在4.95至5.04埃之範圍內而 c_0 在13.58至13.75埃之範圍內。又，在某些具體形式中，該肥粒不銹鋼之經修飾表面係一經電化學修飾之表面，譬如經電解拋光之表面。

本揭示又一方面之標的亦為一種包含鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬

之總重大於0.02重量%，且其中該肥粒不銹鋼尚包括至少一經電化學修飾之表面。在某些具體形式中，該至少一經電化學修飾之表面係一經電解拋光之表面，且其中該至少一經電解拋光之表面在750 °C (1382°F) 至850 °C (1562°F) 加熱於氧化用蒙氣中達100小時或更久時發展出一包括鐵及鉻且具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮，a。在4.95至5.04埃之範圍內而c。在13.58至13.75埃之範圍內。如進一步說明於本文，在該肥粒不銹鋼之某些具體形式中，該至少一經電化學修飾之表面係至少一在受到屬固體氧化物燃料電池內特性操作條件之蒙氣及溫度條件時顯現增進之抗氧化性之經電解拋光之表面。

本揭示之一額外方面提供一種包含16至小於30重量%鉻、至少0.2重量%鋁、及至少一稀土金屬之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬總重大於0.02以迄1.0重量%。該肥粒不銹鋼尚包括至少一抗氧化之經修飾表面，在750 °C至850 °C範圍內之溫度加熱於空氣中時發展出一富含鋁之氧化物層。在某些具體形式中，該經修飾之表面係一經電化學修飾之表面，譬如經電解拋光之表面。

本揭示亦揭示一種包括肥粒不銹鋼之製品，該鋼包含鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼進一步具有至少一經修飾之表面，例如可為經電化學修飾之表面。在受到高溫之氧化用蒙氣時，該經修飾之表面發展出一包含鉻及鐵且所具赤鐵礦結構不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$

之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。在某些具體形式中，該經修飾之表面係一經電解拋光之表面。

本揭示亦提供一種包括肥粒不銹鋼之製品，該鋼包含鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼包括至少一經修飾之表面，譬如經電化學修飾之表面。係至少一經電化學修飾之表面可例如為至少一經電解拋光之表面。在某些具體形式中，該製品係由燃料電池、固體氧化物燃料電池、平面型固體氧化物燃料電池、燃料電池互連件、高溫製造裝置、高溫處理裝置、鍛燒裝置、玻璃製造裝置、玻璃處理裝置、及熱交換器組件中選出。

本揭示之額外方面說明一種燃料電池，包括一陽極、一陰極、一在該陽極與該陰極中間之電解質、以及一互連件。該互連件包括一包含16至小於30重量%鉻、至少0.2重量%鋁、及至少一稀土金屬之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於0.02以迄1.0重量%。該肥粒不銹鋼尚包括至少一經修飾之表面，在受到高溫之氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且所具赤鐵礦結構不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。在該燃料電池之某些具體形式中，該富含鋁之抗氧化氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 不同。又，在該燃料電池之某些具體形式中，該肥粒不銹鋼之至少一經修飾之表面係一經電化學修飾之表面，譬如經電解拋光之表面。

本揭示進一步方面提供一種燃料電池，包括一陽極、一陰極、一在該陽極與該陰極中間之電解質、以及一互連件，該互連件包含一包括鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼包括至少一經電化學修飾之表面，譬如經電解拋光之表面。在一具體形式中，該肥粒不銹鋼之經電解拋光之表面在750 °C (1382°F) 至850 °C (1562°F) 加熱於氧化用蒙氣中達100小時或更久時發展出一包括鐵及鉻且具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮，a。在4.95至5.04埃之範圍內而c。在13.58至13.75埃之範圍內。在某些具體形式中，該燃料電池可由固體氧化物燃料電池及平面型固體氧化物燃料電池中選出。又，在某些具體形式中，該燃料電池係一包括多個電池之燃料電池堆疊之一部份而各電池包含一陽極、一陰極、一電解質以及一互連件，其中各互連件將該多個電池以串聯方式電連接。

本揭示中說明之新穎方法、材料及物品係針對或包括各種既相對於某些習用替代材料為經濟且在一段時間內受到例如為一PSOFC之內部特性操作條件之高溫條件時顯現合宜之抗氧化位準之肥粒不銹鋼。因此，本文中說明之方法、材料及物品一般相信特別適用於製造PSOFC及其他燃料電池。更廣泛言之，本揭示中說明之新穎方法、材料及物品提供在暴露於高溫氧化環境時顯現增進之抗氧化性之肥粒不銹鋼，以及包括此等鋼之物品。

此等及其他優點將在查考以下某些具體形式之說明時

成爲明顯。

【簡要圖說】

本發明之具體形式將參考下列圖示予以了解，其中：

圖 1 爲一 PS0FC 堆疊中一部份元件之示意繪圖。

圖 2 爲暴露於 750 °C (1382°F) 空氣中 500 小時後具有銑磨、研磨、或電解拋光表面之 AL 453 不銹鋼試棒之相片。

圖 3 爲暴露於 850 °C (1562°F) 空氣中 500 小時後具有銑磨、研磨、或電解拋光表面之 AL 453 不銹鋼試棒之相片。

圖 4 爲暴露於 750 °C (1382°F) 及 850 °C (1562°F) 空氣中具有電解拋光表面之 AL 453 不銹鋼試樣之時間比重變化 (毫克/平方厘米) 作圖。

圖 5 爲暴露於 750 °C (1382°F) 及 850 °C (1562°F) 空氣中 500 小時後具有銑磨、研磨、或電解拋光表面之 AL 453 不銹鋼試樣之比重變化 (毫克/平方厘米) 繪圖。

圖 6 爲經電解拋光之 AL 453 不銹鋼之氧化性能相較於標準 AL 453 不銹鋼及仰賴鉻氧化物與鋁氧化物之形成而獲得抗氧化性之一般性耐熱合金之阿瑞尼氏作圖。

圖 7 爲製成具有若干不同表面之 AL 453 不銹鋼試樣暴露於 800 °C (1472°F) 空氣中之時間比重變化作圖。

圖 8 爲製成具有若干不同表面之 AL 453 不銹鋼試樣暴露於 800 °C (1472°F) 空氣中之時間方根比重變化拋物線型作圖。

圖 9 為經電解拋光之 AL 453 不銹鋼及若干其他耐熱合金與鎳底合金試樣暴露於 800 °C (1472°F) 空氣中之時間比重變化作圖。

圖 10 為若干經電解拋光之包括不同鉻位準之肥粒不銹鋼試樣暴露於 800 °C (1472°F) 空氣中之時間比重變化作圖。

圖 11 為若干經電解拋光之包括不同鋁位準之肥粒不銹鋼試樣暴露於 800 °C (1472°F) 空氣中之時間比重變化作圖。

圖 12 為若干經電解拋光之包括不同稀土元素位準之肥粒不銹鋼試樣暴露於 800 °C (1472°F) 空氣中之時間比重變化作圖。

圖 13 為若干經電解拋光之包括不同合金化附加物位準之肥粒不銹鋼試樣暴露於 800 °C (1472°F) 空氣中 250 小時後之時間比重變化結果繪圖。

【具體形式說明】

如上述，肥粒不銹鋼曾考慮作為 SOFC 互連件之可能成本效益替代物。然而，在一互連件二側上流動之氣體反應物對鐵－鉻肥粒不銹鋼氧化。經氧化之互連件係較低效率之電流導體，故燃料電池堆疊整體之效率因燃料電池內各互連件上之氧化物層厚度減小而隨時間減小。目前生產之金屬互連件之先天限制使可用之 PSOFC 設計限於較無效率之低溫操作（約 700 °C (1292°F)），俾防止互連件表面上之超量氧化作用。

一在以往考慮用作 SOFC 互連件材料之肥粒不銹鋼為 AL 453 合金，乃一種包括稀土金屬 (REM) 且具有上表 1 中所示標稱組成之肥粒不銹鋼。在產生 AL 453 合金期間添加美鈰合金形式之 REM。美鈰合金乃商用形式之混合式 REM，且可以具有已知濃度之鈰、鐳及鐳等 REM 之不同組成獲得。舉例言之，煉鋼中所用之常見美鈰合金形式為標稱之 50 Ce-30 La-20 Pr (以重量計)。AL 453 合金之一般化學包括 (以重量百分比計) 標稱之 22Cr-0.6Al-0.06(Ce+La)，連同各為約 0.3 重量 % 之矽、鎳及錳，以及餘量之鐵與偶生雜質 (譬如約 250 ppmw (每百萬部份重) 碳及 300 ppmw 氮)。

如業界所知，含鉻合金譬如 AL 453 合金中之 REM 附加物應於高溫造成黏著性緩慢生長鉻氧化物銹皮之形成。然而，已確定習用 AL 453 合金之高溫抗氧化性大體低於商用之較高鉻含量肥粒不銹鋼。

一般相信，未經修飾之商用肥粒不銹鋼不具有在 SOFC 中用作互連件之合宜環境抗性。然而如本揭示中所述，曾意外確定將 AL 453 合金及具有類似組成之肥粒不銹鋼合金之一或更多表面之全部或一部份修飾會顯著增高經修飾區域之抗氧化性。舉例言之，以下之揭示顯示將 AL 453 合金之表面電化學修飾使該表面之氧化率相對於製成具有一習知 2BA 表面 (用平滑滾子冷軋然後在還原用乾燥氫蒙氣中退火所提供之標準商用精整表面) 之相同合金在暴露於屬 SOFC 典型內部操作條件之空氣及溫度時減小若干數量級。

如本文中所用，將合金或物品之表面或表面區域“電化學修飾”意指在該表面上存在化學物時對該表面施加電流。

在下述實例中，電化學修飾係藉施加電解拋光予以實施。如業界所知，電解拋光係一電化學程序，其中一部份之金屬或金屬合金在一高離子性溶液內藉由電位及電流之作用以電解方式移除。電解拋光習用以自金屬物品譬如零件或組件之表面移除薄層之材料，從而將該物品之表面粗糙度減小而改善精整表面。一典型之習用電解拋光通常包含一包括電解拋光溶液（典型為磷酸與硫酸之混合物）之浸浴，而工件即置於其內進行加工。該溶液作用如電解質並將金屬離子由陽極攜帶至陰極。該工件作用如陽極，而陰極之典型形式為一或多種形製成對工件（陽極）之表面提供大體均一電流密度之具有合宜組成之金屬結構。該工件及陰極可分別連接至整流器之正負端。傳統上相信當電流施加於該浸浴內之工件及陰極時，電解拋光溶液在該工件表面上之膜之特性被修飾，而該膜變成黏稠且呈現絕緣體或電阻器之性質。該黏稠膜之厚度愈大，則該膜之電阻或絕緣性質愈大。因此，當考慮該工件上之一特定表面時，一較薄之電絕緣膜覆蓋顯著自工件突起之各工件部位，一較厚之絕緣膜覆蓋自工件突起較小程度之各工件部位。一工件部位伸入該黏稠膜之程度愈大，則該絕緣膜愈薄且由該部位接收自陰極之電荷愈多。如此，突起程度較大之表面不規則部份自陰極接收較大比例之電流，且較突起程

度較小之表面不規則部份更快速溶解。此具有減少表面不規則部份及產生改善之精整表面之效果。

如業界所知，電解拋光程序可以許多方式實施。舉例言之，在一銑磨設置中，可在條料卷上或完成件上進行電解拋光。在小型實驗規模上，一經採用於鐵－鉻不銹鋼之電解拋光技術包括將合金試樣浸入裝在淺玻璃盤內之電解質中。該小規模程序中所用典型電解質之實例為25%硫酸－47%磷酸－28%羥基乙酸（全以體積計）之溶液，係保持於約170 °F之溫度。浸入該電解質中之試樣經由導電引線連接至恆電位器，並施加約1 安培／平方吋之電流。在一特定程序中，合金試樣可以此法電解拋光約20分鐘，並且每5分鐘翻轉一次。合金試樣亦可使用砂紙磨成平滑之表面然後清理／脫脂予以預處理。

本文中無意以任何方式將本揭示或後附申請專利範圍之範疇限定於特定之電解拋光技術。普通技術人士在查考本揭示時均可迅即將已知之電解拋光技術改成適合電化學修飾具有本文所述組成之肥粒不銹鋼之表面，以提供本發明人所發現具有增進抗氧化性質之經修飾表面。

將某些沃斯田不銹鋼之表面電化學修飾為屬已知。舉例言之，已知將醫學及藥學應用中所用之某些沃斯田不銹鋼電解拋光以提供潔淨且大體無罅隙之表面。然而，將肥粒不銹鋼之表面電解拋光或以其他方式電化學修飾並不被一般加以應用，且將肥粒不銹鋼電解拋光到目前為止未被考慮為有用以增進其高溫抗氧化性質。

例示該意外觀察到電解拋光顯著提升某些肥粒不銹鋼之抗氧化性之結果列示於以下實例中。基於以下結果，一般相信該不銹鋼內必須存在一些鋁及REM以產生電化學修飾所提供之抗氧化性，因經發現減少該鋼內之此等合金化附加物含量則與氧化作用之增加相對應。一般相信在該不銹鋼內所需之鉻濃度經測定為十分寬廣--肥粒不銹鋼合金必須包括至少16重量%之鉻始適合耐熱，且目前不存在多於26重量%鉻之商用熟肥粒不銹鋼。

【實例】

實例 1

以習用程序提供AL 453合金之卷料，係將該合金鑄成扁塊或錠，熱減縮成帶，以中間應力釋放退火方式冷軋至完工號規，及在氫內最終退火。用該卷料製備若干1"×2"之試棒，並藉三次不同之表面處理予以加工。各試棒具有0.075"之初始厚度及標準之2BA-精整表面，並予脫脂且具有完成之邊緣。此表面在本文中通稱為“銑磨”表面，而包括該表面之試樣在本文中稱為“銑磨”試樣。若干銑磨試樣用120粒度SiC紙研磨將每側移除標稱之0.005"而予進一步加工。此法所製備之試樣在本文中稱為“研磨”試樣。於約170°F（約77℃）將若干研磨試樣在一包括以體積計為25%硫酸—47%磷酸—28%羥基乙酸之電解拋光溶液內以1安培/平方厘米電解拋光達20分鐘（試樣每5分鐘翻轉一次），以提供若干經“電解拋光”之試樣。

該三種表面類型在高溫氧化測試前用歐格電子顯微鏡

予以定性。經研磨及電解拋光之試樣二者均呈現極薄之自然氧化物（約30埃厚），而銑磨表面氧化物約為四倍厚（約130埃厚）。在各試樣間有一顯著之表面氧化物化學性質差異。銑磨表面氧化物係唯一含有顯著位準之鋁之氧化物。鋁具有高氧親和力且會與氫退火爐內微量之殘餘氧反應以形成薄氧化鋁銹皮。研磨表面氧化物實質上為鹼金屬組成之代表且係因形成自然氧化物所致，而此發生於所有在空氣中之含鉻不銹鋼。經電解拋光之試樣上所形成之氧化物相對於該鹼金屬予富含鉻達約60-70%，例如到達約30重量%之絕對位準。於室溫時在經研磨及電解拋光之表面二者上所形成氧化物銹皮內之鋁含量過低而不能用歐格分析法偵測。

將具有銑磨、研磨及電解拋光等狀況之表面之AL 453合金試棒置於氧化鋁坩堝內，並暴露於750 °C（1382°F）及850 °C（1562°F）之靜止空氣中達範圍為5-500小時之時間。定期將試樣移離該爐並稱重以評估對氧化物銹皮形成作用之抗性，而產生約50小時之平均熱循環時間。

圖2及3描繪暴露於750 °C（1382°F）（圖2）及暴露於850 °C（1562°F）（圖3）後之有三種表面處理之試棒。經銑磨及研磨之試樣形成一般就不銹鋼所觀察到之特性碳灰色附著氧化物銹皮。然而，經電解拋光之試樣形成透明之金色氧化物膜，可看穿而見到原本之金屬表面。此指示縱使暴露時間長，經電解拋光試樣上之氧化物極薄且實質較經銑磨及研磨之表面上所形成氧化物銹皮為薄。

由經電解拋光試樣之個別重量測值導出之氧化數據示於圖 4，該圖為 750 °C (1382°F) 及 850 °C (1562°F) 時比重變化 (毫克/平方厘米) 對時間之作圖，且其中各測值係以 #1 數據點識別。圖 5 以圖表描繪於銑磨、研磨及電解拋光試樣之溫度 500 小時後之比重變化 (毫克/平方厘米)。該等數據指示經銑磨及研磨之表面氧化率實質相同，而經電解拋光之試樣在該暴露期間內較其他試樣獲得顯較為少之重量。各試樣氧化性能間差異之意義在各數據以拋物線型率常數表示時更明顯。該拋物線型率常數將整個氧化重量變化曲線精減成單數字 K_p 。當表現於該拋物線型率常數之對數對溫度倒數之阿瑞尼氏作圖上時， $\log K_p$ 之單位差解釋成氧化率之顯著減小 (例如 K_p 減少 2 點相應於時間比重變化減小約 10 倍)。根據下表 2 中所示 $\log K_p$ 值，經電解拋光試樣之氧化率較機械方式所精整經銑磨及研磨之表面低若干數量級，而最終比重變化相應減小約一個數量級。如圖 6 所示，當對可用之率常數數據作圖時發現，經電解拋光 AL 453 合金之率曲線大於氧化鋁，但顯著小於正常氧化鉻形成物或經銑磨精整之 AL 453 合金。活化能 (如曲線斜率所代表者) 亦顯著不同，故而不代表 REM 摻雜之氧化鉻或氧化鋁。

表 2

溫度		Log K_p (克 ² /厘米 ⁴ 小時)		
°C	°F	銑磨表面	研磨表面	電解拋光表面
750	1382	-9.0	-9.1	-11.5

850 1562 -8.5 -8.5 -10.5

製備第二組電解拋光之試樣以確認以上之觀察結果。使用一不同之試驗爐，並將經電解拋光之試樣在爐內安排成一不同之圖樣。將以 750 °C (1382°F) 及 850 °C (1562°F) 加熱之經電解拋光試樣定期測量重量之結果在圖 4 中繪成數據點 #2，且與數據點 #1 導出之結果實質相同。

以 750 °C (1382°F) 及 850 °C (1562°F) 加熱之經電解拋光試樣上後暴露膜之掃描歐格顯微鏡 (SAM) 分析顯示該氧化物銹皮為單一相，且如歐格顯微鏡內之非標準半定量分析所測定為含有顯著濃度之鋁、鐵及鉻。雖然電解拋光明顯促進富含鋁之氧化物銹皮之形成，但基礎之機制無法由 SAM 試驗予以測定。雖然經銑磨（輝面退火）及研磨表面之組成在氧化測試前十分不同，但其等在高溫度時顯現實質上相同之氧化動力學（與電解拋光試樣之動力學實質不同之動力學）。根據表面研磨不增進抗氧化性之觀察結果確定具有電化學飾變表面之試樣之增進氧化性能非僅歸因於表面缺陷之移除。

實例 2

對各得自二不同 AL 453 爐次之二卷料進行額外測試，以評估電解拋光作為顯著提升高溫耐蝕性手段之可複現性。將起始材料如標準 AL 453 合金一般予以加工，係以習用方式將熱軋帶單一階段滾軋成 0.075"，然後輝面退火。表 3 列出所製備試樣之數量。表 4 說明在測試前用以處理各

種試樣類型之程序。

表 3

爐次	卷料	銑磨	研磨	拋光	電解拋光	再拋光
898042	03232C113	1	1	1	2	1
	03232C123	1	1	1	2	1
898043	0323C143	1	1	1	2	1
	03232C132	1	1	1	2	1
每一狀況總計		4	4	4	8	4

表 4

試樣名稱	表面加工
銑磨	2BA 精整，如購進為無進一步表面預備工作。
研磨	所有表面用 120 粒度 SiC 紙研磨，每側移除 0.002"（標稱）。
拋光	所有表面用 120 粒度 SiC 紙研磨，每側移除 0.002"（標稱）。然後連續用較細磨砂紙及搭接化合物而最終用 1 微米鑽石糊將所有表面拋光至鏡精整。
電解拋光	所有表面用 120 粒度 SiC 紙研磨，每側移除 0.002"（標稱）。然後所有表面如所述予電解拋光。
再拋光	所有表面用 120 粒度 SiC 紙研磨，每側移除 0.002"（標稱）。然後所有表面如上述電解拋光。所有經電解拋光表面用 1 微米鑽石糊予再

拋光而維持鏡精整。

如表 4 所示，對具有二次額外表面精整（係指“拋光”及“再拋光”之試樣進行測試。“拋光”係指使用習用金相學技術以機械方式拋光至鏡表面精整使接近經電解拋光表面之實體平滑度之試樣。“再拋光”係指經電解拋光之表面，係予機械拋光以移除鄰近試樣之該經電解拋光表面之材料而維持鏡精整。用三個不同之爐將所有 24 個試樣以六個試樣一組於 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1472°F) 暴露於空氣中 250 小時總計四個試程。

試驗結果指示以上實例 1 中經由電解拋光所獲致耐氧化性之增進完全具有可複現性。將 AL 453 合金試樣之表面機械研磨或拋光所造成之耐氧化性較標準銑磨（輝面退火）表面為適度增進。然而，經電解拋光之試樣顯現減小一數量級之氧化重量變化。此等結果以圖表描繪於圖 7（作為時間函數之試樣類型平均比重變化）及圖 8 之拋物線型作圖（作為時間方根函數之試樣類型平均比重變化）。

經電解拋光之 AL 453 合金於 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1472°F) 之抗氧化性亦與若干常見之耐熱不銹鋼及鎳底合金之抗氧化性比較，凡此原則上均依賴氧化鉻之形成俾對抗高溫氧化作用。由於 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1472°F) 時之實際數據對大部份之此類合金為不可得，故將 $704\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1300°F)、 $760\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1400°F)、 $816\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1500°F) 及 $871\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1600°F) 時獲得之資料予內插以產生所需溫度時之預期試樣比重變化曲線。經電解

拋光 AL 453 合金之結果順著圖 9 中之此等曲線作圖。最佳之氧化鉻形成物（E-BRITE 合金、309S 型合金及 AL 600 合金）於 800 °C（1472°F）250 小時後獲得約為經電解拋光 AL 453 合金十倍之多之重量。

以上試驗結果指示將 AL 453 合金或類似組成合金之一或更多表面電解拋光或以其他方式電化學修飾即增進經修飾表面之高溫抗氧化性，且該現象為可複現故而可作商用。氧化率之減小似為具有藉電化學修飾譬如電解拋光所生成結構之表面所獨有；機械拋光至鏡精整不產生相似結果，而將經電解拋光面輕度拋光從而將經修飾之表層移除則使抗氧化性之增進逆轉。

由經電解拋光材料顯現之高溫抗氧化性使該材料適用於高溫應用，譬如用於 SOFC 之互連件材料。面積電阻係數（ASR）說明燃料電池互連件之性能以及其如何在表面氧化物銹皮增厚時隨時間退化及以較大程度阻抗電流。新近工作指出，習用之 AL 453 合金及 E-BRITE 合金以及某些其他富含鉻之肥粒不銹鋼達到對長期 SOFC 操作不合宜之高 ASR 值，因為此等材料上形成之氧化物銹皮生長過速而阻滯燃料電池堆疊內個別電池間之電流。抗氧化性更高之含鋁肥粒不銹鋼形成較薄之氧化鋁表面銹皮，但氧化鋁之固有電阻率亦隨時間而造成不合宜之高 ASR 值。高溫時在經電解拋光之 AL 453 合金上所形成薄層富含鋁氧化物之進一步結構特徵（論述於以下實例 3 中）確認該等氧化物包括顯著位準之鐵及鉻以及鋁，暗示在經電解拋光之 AL 453 合金上

形成之氧化物絕對應較氧化鋁更導電。此與因低氧化率所致之厚度減小結合應造成更佳之性能，如由較緩慢之 ASR 增加率所明示。鋁及鐵之存在應亦減小純氧化鉻於高溫存在空氣及水氣時蒸發之傾向。此為 PSOFC 中高溫侵害之一主要導因，因揮發性氧化鉻沉積於電池內其他部位並損壞各組件譬如陶瓷陰極而使性能退化。

實例 3

用閃掠入射 X 光繞射技術將本揭示經電化學修飾之肥粒不銹鋼具體形式上所形成氧化物膜之本質定性。習用經輝面退火之 AL 453 合金之氧化作用係以含有約多於 16 重量 % 鉻之耐熱不銹鋼之典型方式出現。 Al_2O_3 具熱動態穩定性且應在與合金之表面直接接觸時形成。然而，為確保充份快速擴散至金屬／氧化物介面以維持氧化鋁連續層之生長，約需要最小為 3 重量 % 之鋁。因此，在習用經輝面退火之 AL 453 合金中，氧化鉻層連同顯著量之鐵與尖晶石之氧化物在與合金表面直接接觸時形成。氧化鋁粒子形成於鄰接銹皮／合金介面之合金內。此一行為與 1950 年代首先由 Carl Wagner 提出之業經建立之合金氧化作用理論一致，見 C. Wagner, Z. Electrochem., 63, p.772 (1959)。

用菲利普專業繞射計掃描一已於 800 °C (1472°F) 暴露 250 小時之經電解拋光 AL 453 合金試樣 (爐次 #898042, 卷料 #03232C123A)。該繞射計係以閃掠入射模式操作，其中入射束對該表面傾斜 Ω 角，以便獲得接近試樣表面之圖型。入射束用單色 Cu K α 平行 X 光源。繞射圖型於 Ω

值爲 1 及 3 度時獲得，此確保該肥粒不銹鋼基質之尖峰連同表面膜反射線均包括在二者圖型內，且予用作其他反射線之位置及強度二者之參考點（各基質尖峰之強度在 Ω 增大時相對於各表面膜尖峰增加）。掃描係以約 0.02 度／秒之掃描速率由 10° 進行至 $90^\circ 2\theta$ 。在 $1^\circ \Omega$ 圖型中之最大絕對強度約 1,000 個計數，而 $3^\circ \Omega$ 圖型中約 4,000 個計數。在該菲利普專業軟體程式組中之搜尋－配對常式予用以提供潛在配對用圖型之清單供相位識別用。

根據繞射學結果，經電解拋光 AL 453 試樣上之氧化物膜係屬具有赤鐵礦結構 (M_2O_3) 之單一相。由實驗測定之繞射圖型代表單一相。測得之晶格參數爲於 4.94 至 5.04 埃範圍內之 a_0 及在 13.58 至 13.75 埃範圍內之 c_0 。各項繞射學結果暗示該氧化物膜之標稱晶格參數爲 $a_0 = 4.98$ 埃而 $c_0 = 13.57$ 埃。經電解拋光 AL 453 試樣上所形成氧化物膜之標稱晶格參數連同 Fe_2O_3 、 αCr_2O_3 及 αAl_2O_3 之代表性晶格參數列示於表 5。該經電解拋光試樣上氧化物膜之測得晶格參數由 Fe_2O_3 （赤鐵礦，較大晶格參數）、 αCr_2O_3 （伊斯柯賴礦，較小晶格參數）及以鉻取代鐵之各種相位之赤鐵礦予以畫定界限。 αAl_2O_3 （剛玉，亦爲赤鐵礦同結構群組中之一員）之參考圖型與經電解拋光 AL 453 合金之實驗測定繞射圖型不匹配，因 αAl_2O_3 顯現顯著較小之晶格參數。

因此，平面間間隔之測值指示構成富含鋁之氧化物膜之相具有介於 Cr_2O_3 與 Fe_2O_3 間之晶格參數，而顯著小於

Al_2O_3 所顯現者。因此，雖然經電化學修飾試樣上形成之氧化物膜均富含鋁，但其非典型之 α 鋁。因此，經電解拋光試樣上形成之富含鋁之氧化物層未曾發現為僅由高電阻性 $\alpha \text{Al}_2\text{O}_3$ 組成。

表 5

	a_0 (埃)	c_0 (埃)	來源
$\alpha \text{Al}_2\text{O}_3$	4.758	12.991	JCPDS 10-173
Cr_2O_3	4.954	13.584	JCPDS 6-0504
實驗試樣上形成之表面氧化物	4.98	13.57	實驗測量
Fe_2O_3	5.356	13.7489	JCPDS 33-664

實例 4

評估所添加作為美鈰合金之不同位準之鋁、鉻及 REM (尤其鈰及鐳) 對高溫氧化性能之效應。將五個 50 磅 VIM 爐次熔化成表 6 中所示之化學組成，並加工成 0.075" 厚供氧化測試用。將每一爐次所得試樣連同具有經表面研磨至 120 粒度精整之表面及具有藉電解拋光予電化學修飾至鏡精整之表面之試樣於作為底線之酸洗條件中測試。所有試樣均於 800 °C (1472°F) 暴露 250 小時，每一表面條件使用二份試樣。每一經酸洗及研磨之試樣均顯現可匹擬或稍優於典型 2BA AL 453 材料之抗性。

表 6

組成 (重量 %)

爐次編號	鉻	鋁	鈾 + 鎳
RV1908	17.8	0.78	0.062
RV1909	23.3	0.69	0.026
RV1912	21.4	0.68	0.002
RV1917	21.6	0.32	0.049
RV1929	21.8	0.95	0.063
AL 453 (標稱)	22	0.78	0.05

將鉻含量相對於AL 453合金內之標稱含量改變對經電解拋光試樣之重量增益僅有微小之衝擊。如圖10中所示，低鉻爐次RV1908（17.8%）之經電解拋光試樣性能優於高鉻爐次RV1909（23.3%）之經電解拋光試樣，雖然高鉻爐次含有較低位準之REM。得自爐次RV1908及1909二者之經電解拋光試樣均顯現可匹擬經電解拋光之標準AL 453合金之氧化性能。內含較低鉻含量之肥粒不銹鋼一般而言較不昂貴、更容易製造、且更穩定，因其等較不可能發展出 σ 或其他脆性相。又，本文中之各項結果指出電解拋光在應用於較低鉻合金時對提升抗氧化性稍較有效。另一方面，較高鉻位準使CTE減小，此作為SOFC內之互連件材料可增進合金之性能。在此等觀察結果既定之下，且鑑於成本及冶金學上之關切，鉻較佳為以約16達小於30重量%之範圍存在於本揭示之肥粒不銹鋼內，而更佳為於16以迄19重量%之範圍內。

改變鋁含量經發現對具有以電解拋光予電化學修飾之

表面之試樣具有顯著之氧化重量增益效應。如圖 11 所示，低鋁爐次 RV1917 (0.32%) 之經電解拋光試樣性能相對於經電解拋光之標準 AL 453 合金及高鋁爐次 RV1929 (0.95%) 之經電解拋光試樣二者為低劣，但仍相對於用標準銑磨精整之 AL 453 合金試樣顯現二倍之重量增益之減少。另一方面，鋁位準遞增之風險為氧化鋁之形成，此會負面影響材料之電阻，若其將予使用於 SOFC 互連件應用上。根據此等結果，鋁較佳為以至少 0.2 重量% 之量存在於本揭示之肥粒不銹鋼內，而更佳為於約 0.2 重量% 以迄 1.0 重量% 之範圍內。

如圖 12 所示，消除 REM 對抗氧化性有極顯著之效應。不含 REM 之爐次 RV1912 (0.02% 之殘餘鈰 + 鐳位準) 之氧化性能顯示以電解拋光產生之電化學表面修飾作用之效益在 AL 453 合金之不含 REM 型式中實質上被完全消除。另一方面，添加高位準之 REM 可能過度摻雜該合金，導致因富含 REM 之粒子氧化所致之重量超量增益。因此，本揭示之肥粒不銹鋼中之總 REM 含量較佳為大於 0.2 重量% 以迄約 1.0 重量%。雖然美鈰合金 (含有顯著位準之鈰及鐳) 予用於本文中之實例，一般相信 REM 可單獨使用且其他 REM 可用以替代鈰及／或鐳，或者與鈰及鐳一併使用。舉例言之，釔通常視為最有效之 REM，雖然相當昂貴。鉛通常亦視為有效之 REM，但較美鈰合金為不易取得。其他 REM 頗難獲得商用之量。

圖 13 摘述氧化測試之結果。REM 特別為鈰及鐳之添加

顯為提供該於經電解拋光之材料中所觀察到之氧化重量增益之減少作用所必需。電解拋光效應亦明顯對鋁含量靈敏，而於0.32%之鋁位準注意到減小之效應。一般相信增加鋁含量（譬如在高至1.0%或更大之範圍內）可對重量變化提供額外之減小作用。在所執行實驗之界限內，以電解拋光產生之電化學表面修飾作用顯然對鉻含量之變化不特別靈敏。當考量各項試驗結果時，一自電化學表面修飾作用獲利之較佳肥粒不銹鋼組成譬如以電解拋光產生者包括（以重量百分比計）約18%至22%鉻、約0.4%至0.8%鋁及約0.02%至0.2%REM。另一自電化學表面修飾作用獲利之較佳肥粒不銹鋼包括（以重量百分比計）約18%鉻、約0.8%鋁及約0.3%REM，且可提供特別適用於SOFC互連件之材料。除鉻、鋁及REM外，可以本揭示中所述各方法有利加工之肥粒不銹鋼可包括業界已知之其他合金化附加物。舉例言之，且無意以任何方式對本揭示之範疇設限，該肥粒不銹鋼之某些具體形式可包括（以重量百分比計）高至3%之鎳、高至3%之錳、高至0.7%之矽、高至0.07%之氮、高至0.07%之碳及高至0.5%之鈦。

徵諸依據本揭示所加工及肥粒不銹鋼之高溫抗氧化性，此等鋼可有利用作燃料電池包括SOFC及PSOFC之互連件。此外，可有利構作以包括本文中所述肥粒不銹鋼之製品之額外實例包括受到高溫及較具氧化作用之環境之裝置，譬如高溫製造設備、高溫處理設備、鍛燒設備、玻璃製造設備、玻璃處理設備、及熱交換器組件。此外，意圖製成

製品之肥粒不銹鋼物品譬如板、片、條、箔及棒亦可用本文中所述之各種方法加工。一般均將了解，以上物品僅為可包括本文中所述肥粒不銹鋼之物品之非詳盡實例，且其他此等物品可在普通技術人士查考本揭示之後成為明顯。又，雖然本揭示包括使用電解拋光將肥粒不銹鋼之表面進行電化學修飾之實例，但一般均將了解本揭示不受此限制，而亦涵蓋其他於經處理之肥粒不銹鋼上提供在高溫抗氧化性方面顯現類似之增進之表面之合金表面電化學修飾手法。

一般均將了解，本說明例示本發明之與清楚了解本發明相關之各個方面。為簡化本說明，本發明之某些對業界普通技術人士為明顯故而將無助更加了解本發明之各個方面乃未予提出。雖然本發明已就某些具體形式加以說明，但業界普通技術人士在斟酌以上說明時將認知，本發明之多種修正及變化形式均可予以採用。本發明之所有此等變化及修正形式均意在由以上說明及下列申請專利範圍予以涵蓋。

伍、中文發明摘要：

一種製造具有抗氧化表面之肥粒不銹鋼物品之方法，包括提供一包含鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%。該肥粒不銹鋼之至少一表面予修飾以使該經修飾表面在受到高溫之氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且具有一不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。該經修飾表面可例如藉由電化學修飾該表面譬如將該表面電解拋光予以提供。

陸、英文發明摘要：

[0076] A method for making a ferritic stainless steel article having an oxidation resistant surface includes providing a ferritic stainless steel comprising aluminum, at least one rare earth metal and 16 to less than 30 weight percent chromium, wherein the total weight of rare earth metals is greater than 0.02 weight percent. At least one surface of the ferritic stainless steel is modified so that, when subjected to an oxidizing atmosphere at high temperature, the modified surface develops an electrically conductive, aluminum-rich, oxidation resistant oxide scale comprising chromium and iron and a having a hematite structure differing from Fe_2O_3 , $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ and $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$. The modified surface may be provided, for example, by electrochemically modifying the surface, such as by electropolishing the surface.

10

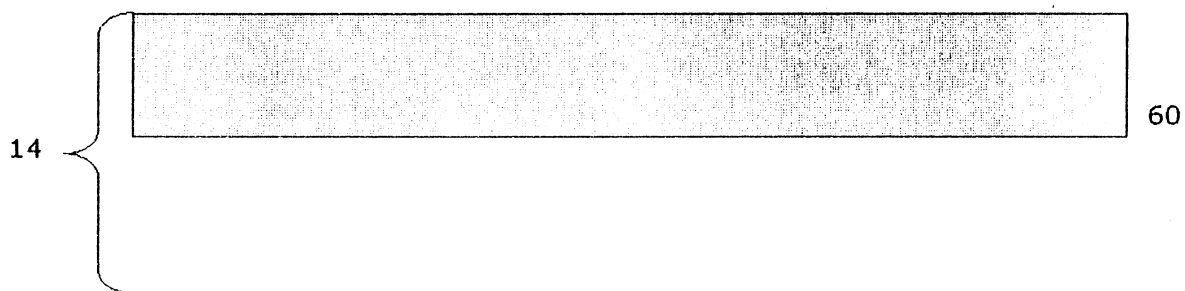
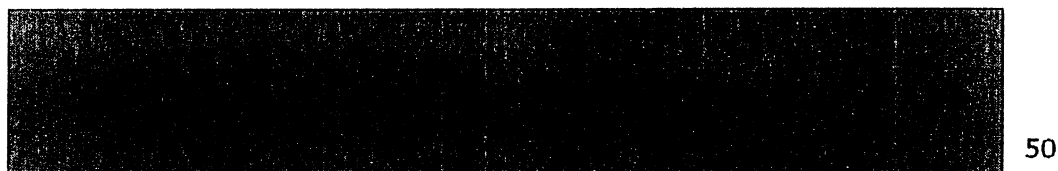
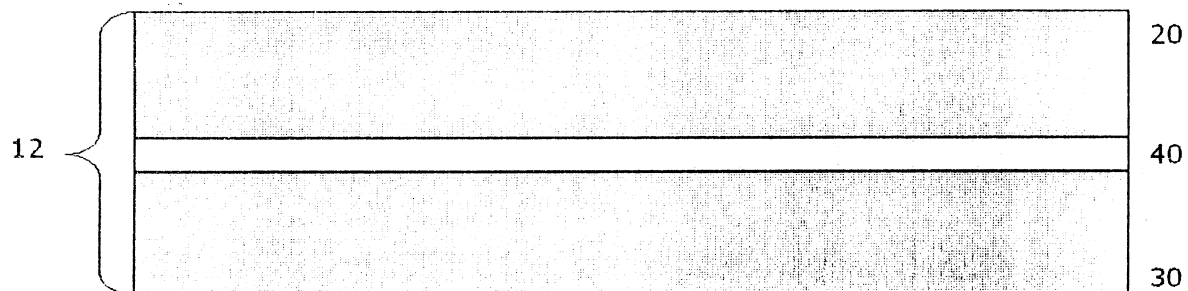
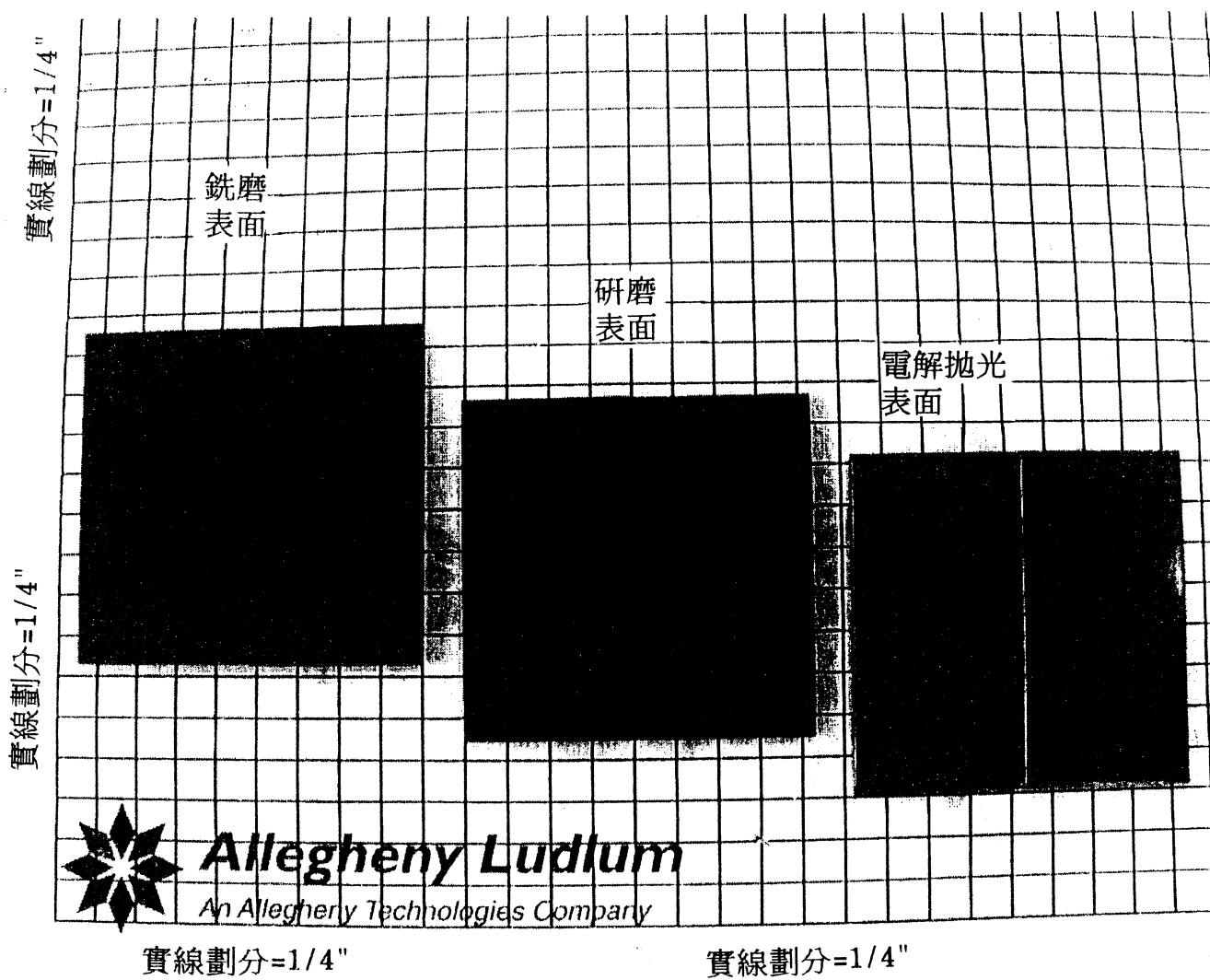


圖 1



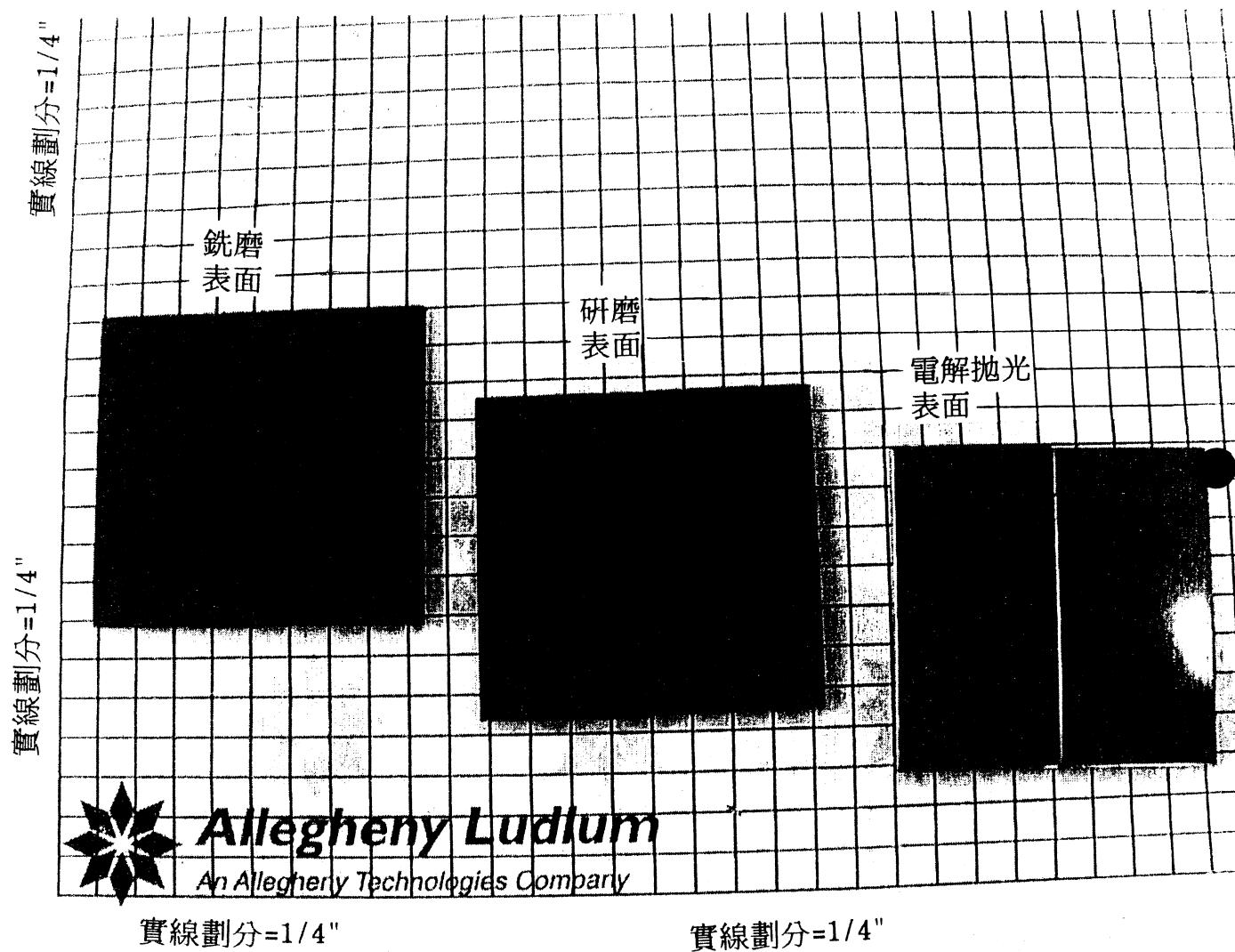


圖 3

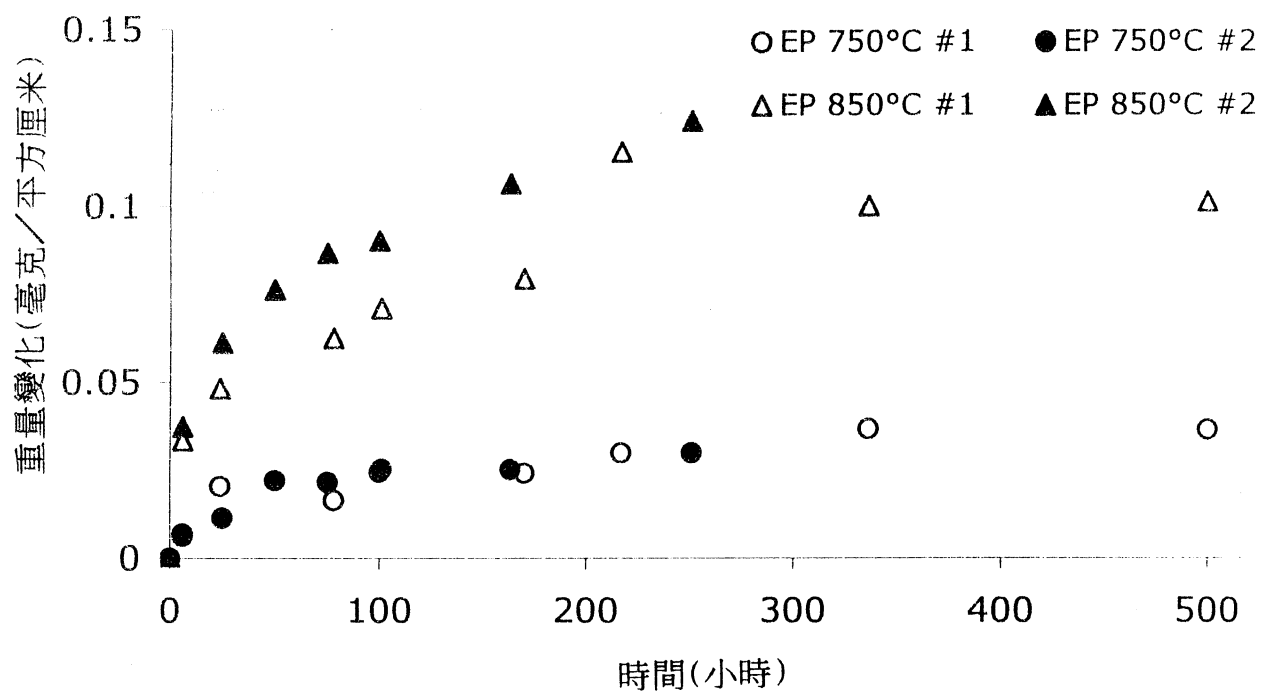
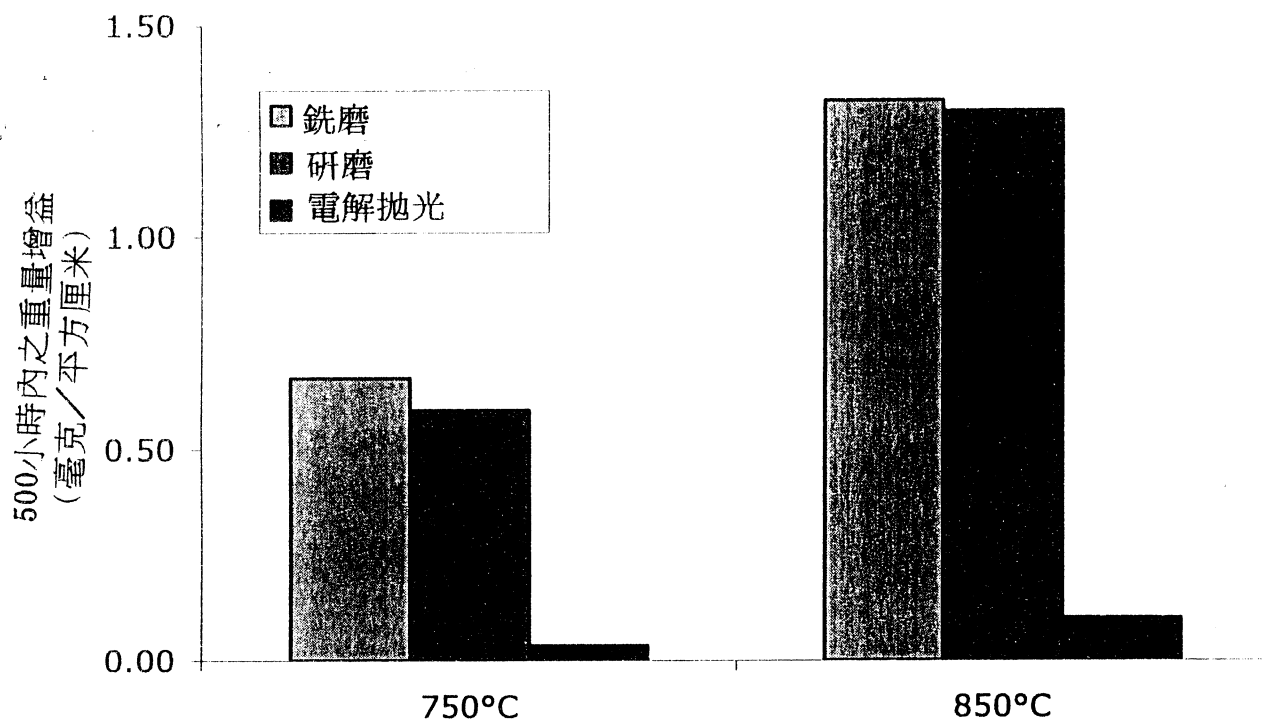


圖 4



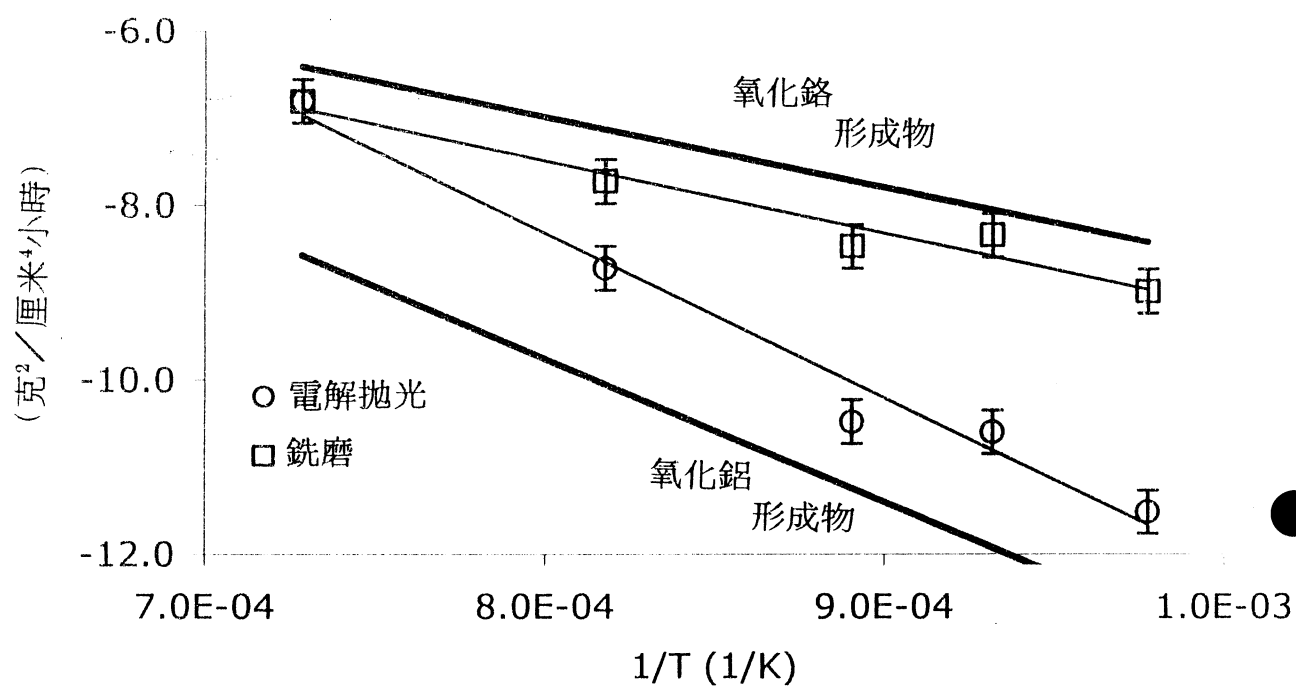


圖 6

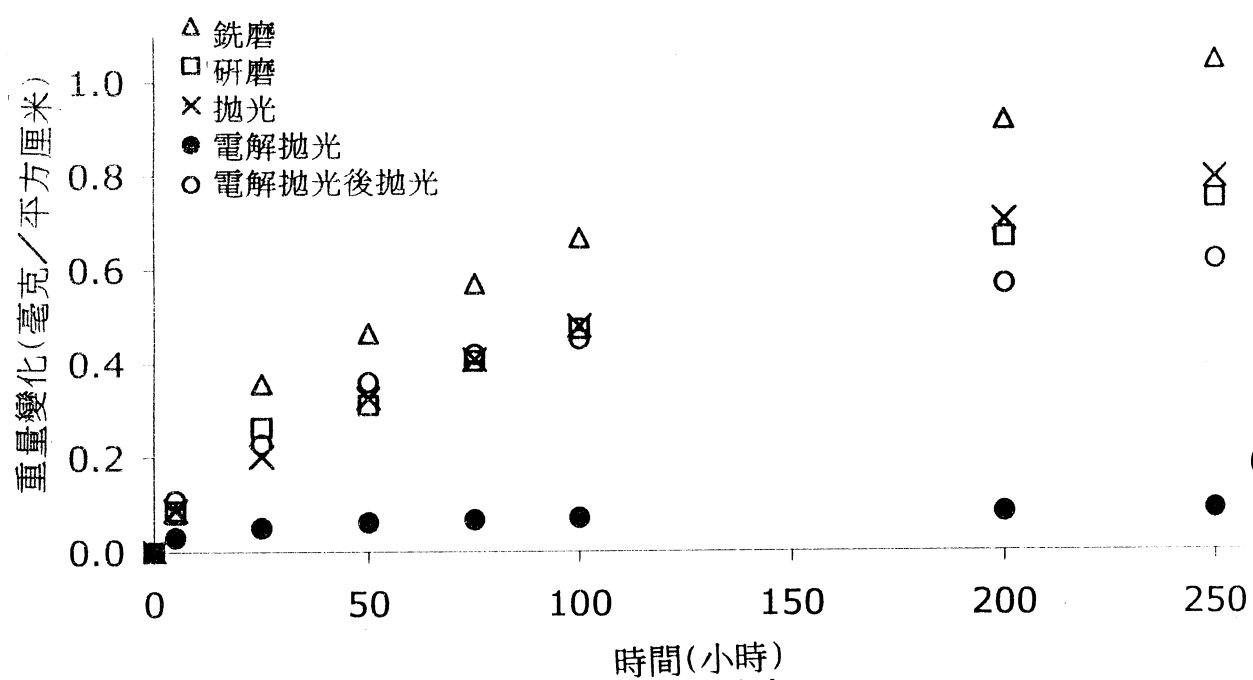


圖 7

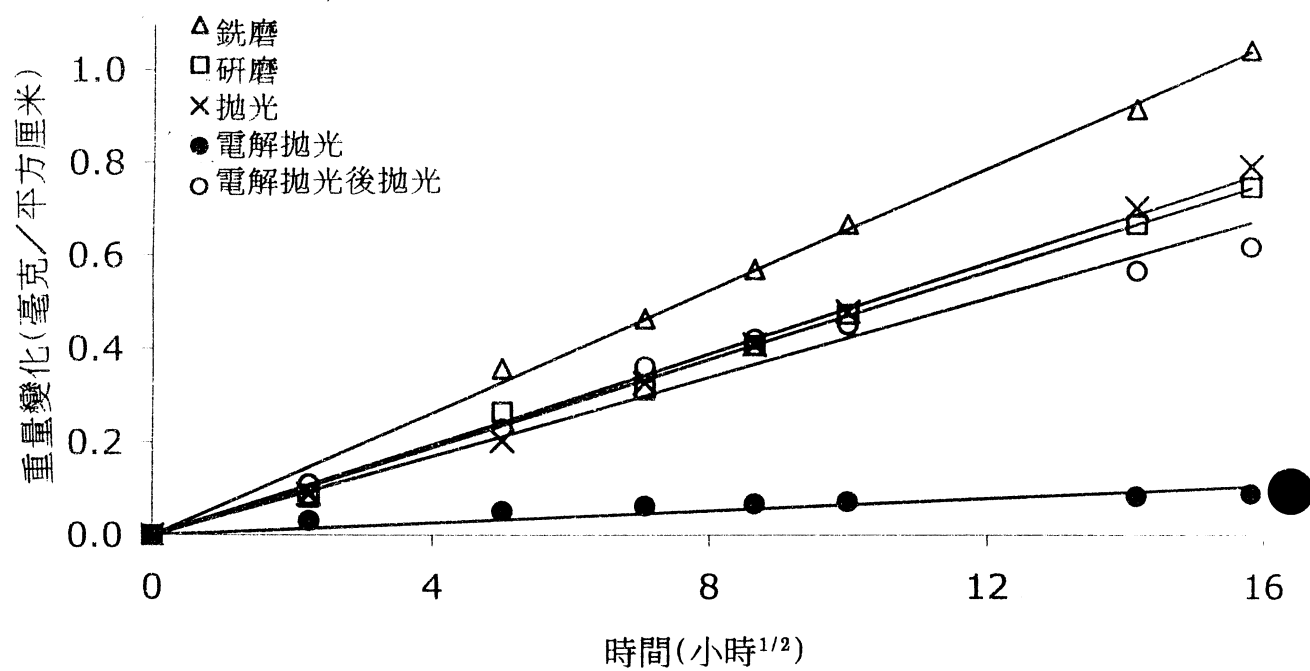


圖 8

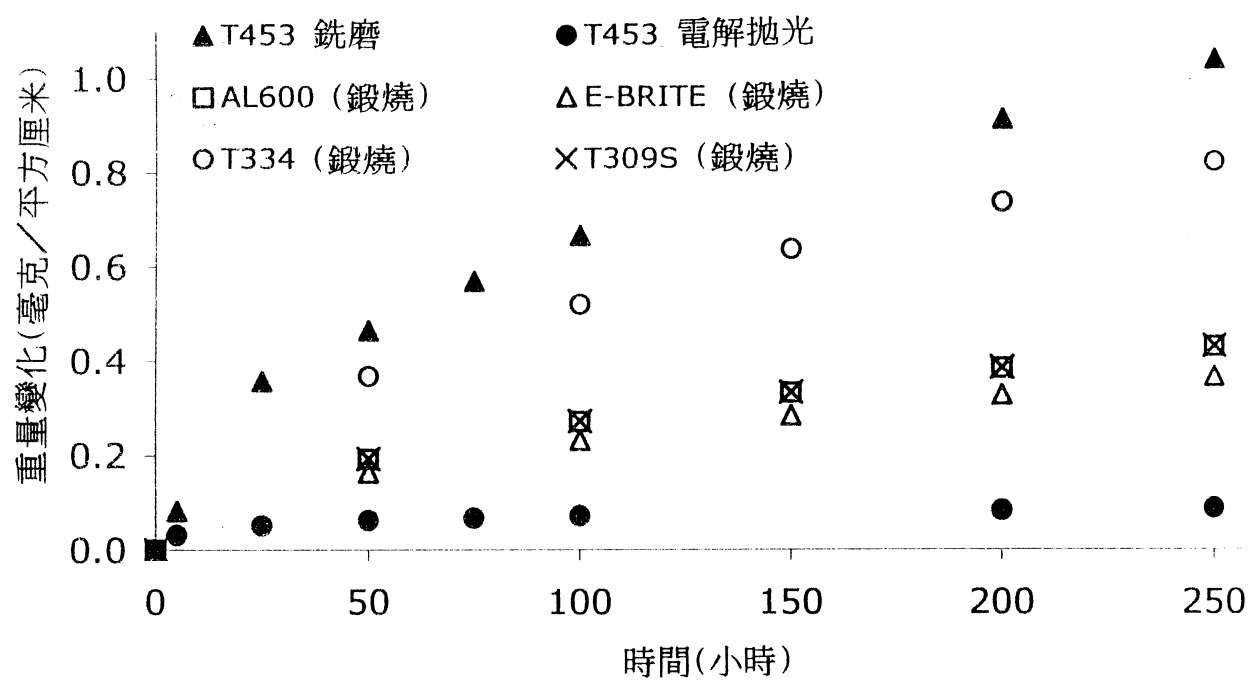


圖 9

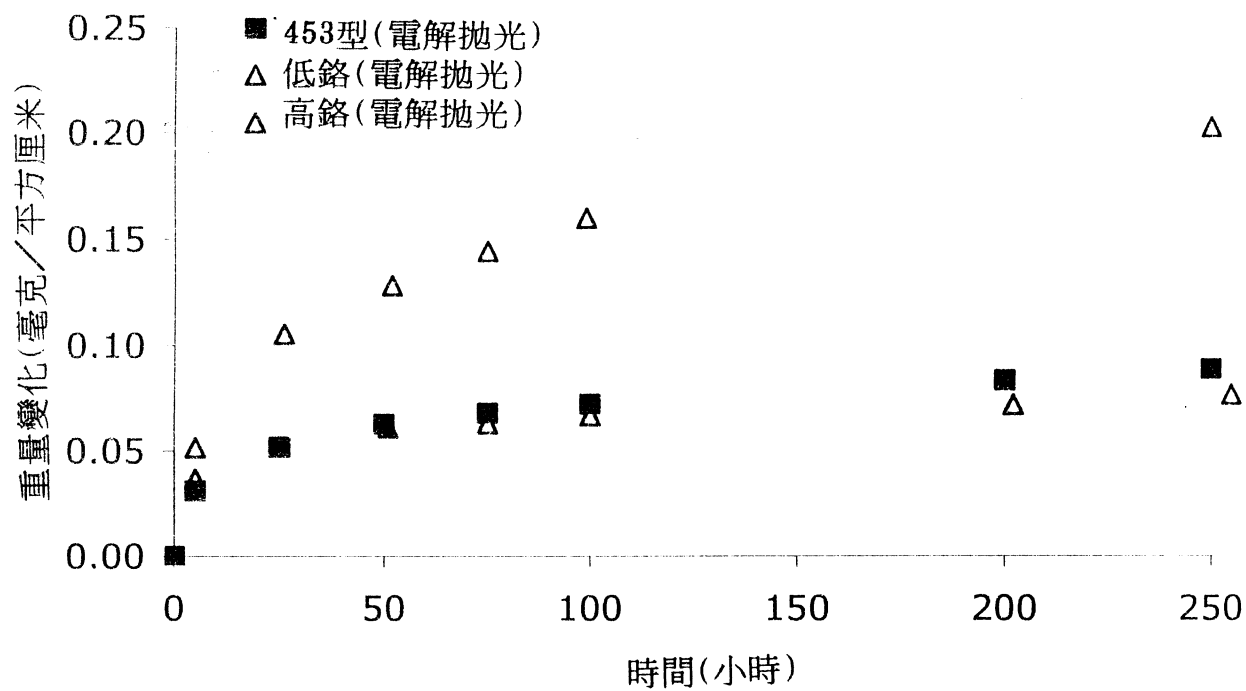


圖 10

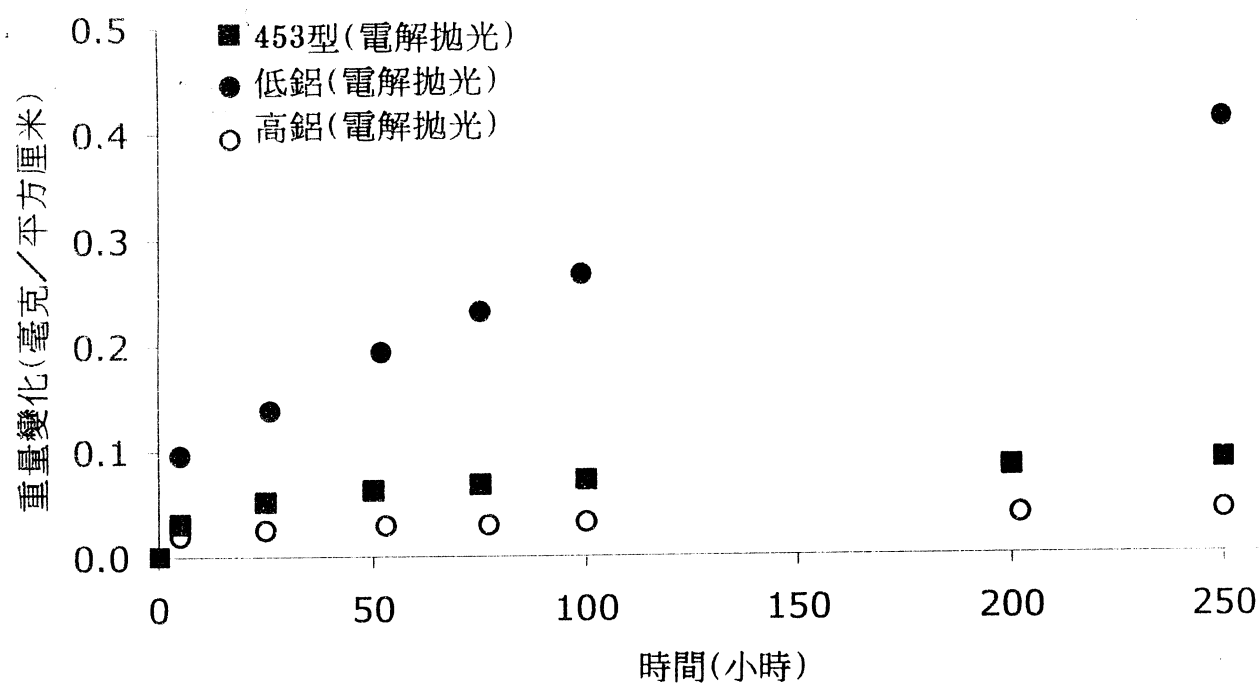


圖 11

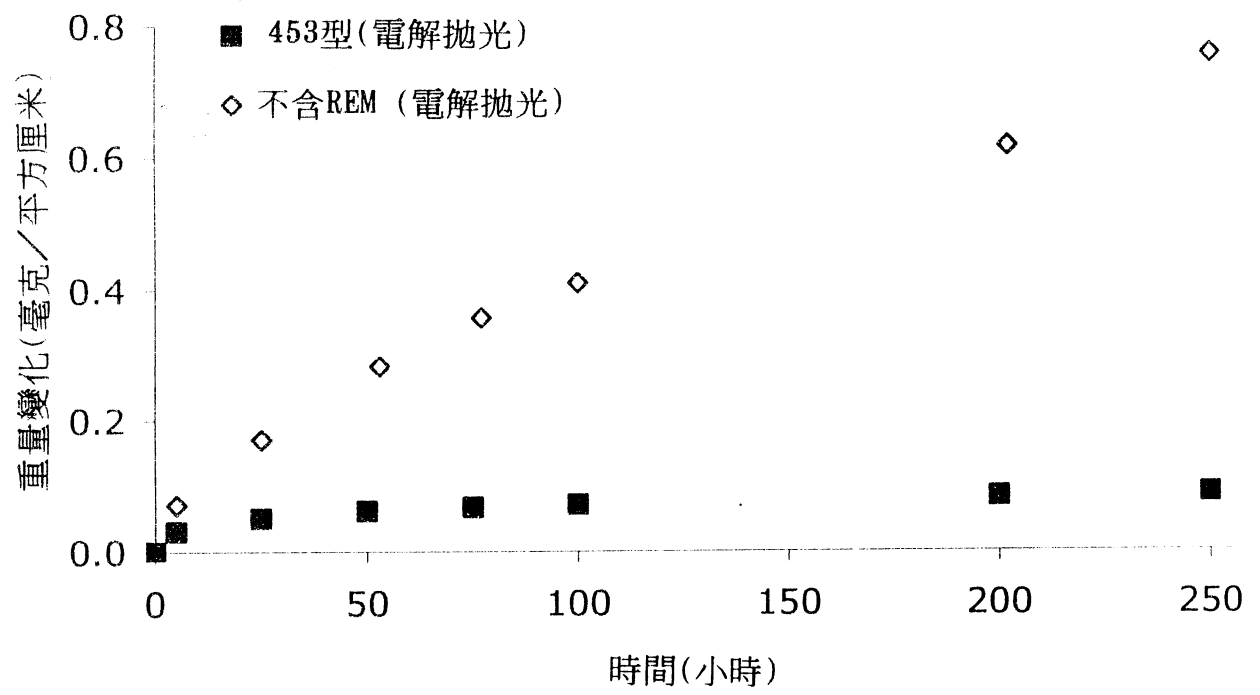


圖 12

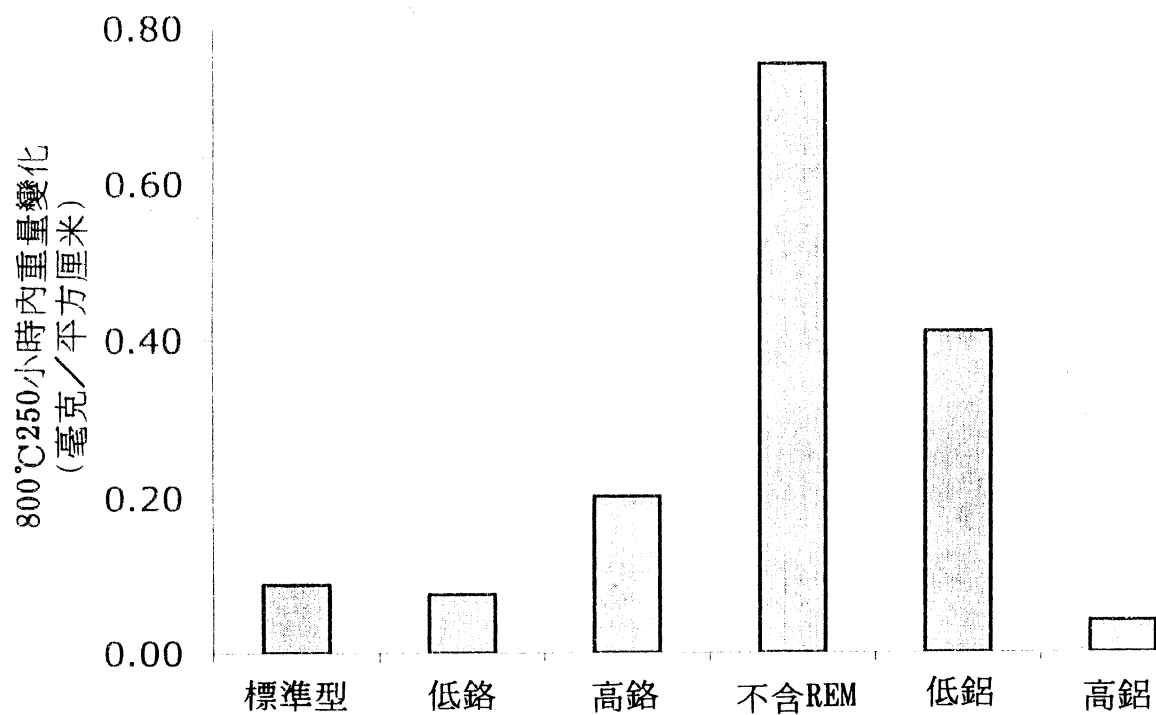


圖 13

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

10：平面型固體氧化物燃料電池

12、14：能量轉換電池

20、60：陰極

30：陽極

40：電解質

50：互連件

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

拾、申請專利範圍：

1.一種製造具有一抗氧化表面之肥粒不銹鋼物品之方法，該方法包含：

提供一包含鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於 0.02 重量 %；以及

修飾該肥粒不銹鋼之至少一表面，以使該經修飾表面在受到高溫之氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且具有一不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。

2.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之 a_0 及 c_0 不同。

3.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該至少一經修飾之表面在 750°C 至 850°C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中時發展出該氧化物銹皮。

4.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該至少一經修飾之表面在 750°C 至 850°C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達至少 100 小時時發展出該氧化物銹皮。

5.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該氧化物銹皮特徵為晶格參數 a_0 在 4.95 至 5.04 埃之範圍內而 c_0 在 13.58 至 13.75 埃之範圍內。

6.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該氧化物銹皮特徵為標稱晶格參數 $a_0=4.98$ 埃而 $c_0=13.57$ 埃。

7.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中修飾該至少一

表面包含電化學修飾該至少一表面。

8.如申請專利範圍第6項之方法，其中電化學修飾該至少一表面包含將該至少一表面電解拋光。

9.如申請專利範圍第1項之方法，其中該經修飾表面在750℃至850℃範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達至少100小時時發展出該氧化物銹皮，且其中該氧化物銹皮特徵為晶格參數 a_0 在4.95至5.04埃之範圍內而 c_0 在13.58至13.75埃之範圍內。

10.一種製造具有一抗氧化表面之肥粒不銹鋼物品之方法，該方法包含：

提供一包含鋁、至少一稀土金屬及16至小於30重量%鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於0.02重量%；以及

電化學修飾該肥粒不銹鋼之至少一表面。

11.如申請專利範圍第10項之方法，其中電化學修飾該至少一表面包含將該至少一面電解拋光。

12.如申請專利範圍第11項之方法，其中該至少一經電解拋光之表面在750℃至850℃範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達至少100小時時發展出一包含鐵及鉻且具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮， a_0 在4.95至5.04埃之範圍內而 c_0 在13.58至13.75埃之範圍內。

13.如申請專利範圍第11項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含16以迄19重量%鉻。

14.如申請專利範圍第11項之方法，其中該肥粒不銹鋼

包含至少 0.2 重量 % 鋁。

15.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含 0.2 以迄 1.0 重量 % 鋁。

16.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該肥粒不銹鋼內之稀土金屬總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。

17.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含至少一由鈾、釷、釷及鈾中選出之稀土金屬。

18.如申請專利範圍第 17 項之方法，其中該肥粒不銹鋼內之稀土金屬總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。

19.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含（以重量百分比計）18 以迄 22 之鉻、0.4 至 0.8 之鋁及 0.02 至 0.2 之 REM。

20.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該肥粒不銹鋼尚包含（以重量百分比計）高至 3 之鎳、高至 3 之錳、高至 0.7 之矽、高至 0.07 之氮、高至 0.07 之碳及高至 0.5 之鈦。

21.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含（以重量百分比計）約 22 之鉻、約 0.6 之鋁、鈾及釷，其中鈾及釷重量之和約高至 0.10。

22.如申請專利範圍第 1 或 11 項之方法，其中該物品係由板、片、條、箔、棒、燃料電池互連件、高溫製造設備、高溫處理設備、鍛燒設備、玻璃製造設備、玻璃處理設備、及熱交換器組件所組成集團中選出。

23.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該物品為燃料

電池互連件，且該肥粒不銹鋼包含 16 至小於 30 重量 % 鉻、至少 0.2 重量 % 鋁、及至少一稀土金屬，其中稀土金屬之總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。

24. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中將該物品之該至少一表面電解拋光包含：

將該物品之該至少一表面置於含有電解拋光溶液及一陰極之浸浴內；以及

將電流通過該物品與該陰極間以使材料自該至少一表面移除，從而減少該表面之表面粗糙度。

25. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中將該至少一表面電解拋光在受到屬固體氧化物燃料電池內特性操作條件之溫度及蒙氣時增進該至少一表面之抗氧化性。

26. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該至少一經電解拋光之表面在 750 °C 空氣中具有以 $\log k_p$ 小於 -9.1 克²/厘米⁴ 小時予以定性之抗氧化性。

27. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該至少一經電解拋光之表面在 850 °C 空氣中具有以 $\log k_p$ 小於 -8.5 克²/厘米⁴ 小時予以定性之抗氧化性。

28. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中該至少一經電化學修飾之表面在受到固體氧化物燃料電池互連件於燃料電池操作期間所受特性條件之蒙氣及溫度時發展出一具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物層。

29. 一種製造固體氧化物燃料電池之方法，該方法包含：

提供至少一互連件，其中該互連件包含一包括鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於 0.02 重量 %，且其中該互連件尚包含至少一經修飾之表面，在受到高溫氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且具有不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮；以及

由該至少一互連件及包含至少一陽極、至少一陰極、及至少一電解質之額外組件組裝該固體氧化物燃料電池。

30. 如申請專利範圍第 29 項之方法，其中該氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之 a_0 及 c_0 不同。

31. 如申請專利範圍第 29 項之方法，其中該經修飾之表面在 750°C 至 850°C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中時發展出該氧化物銹皮。

32. 如申請專利範圍第 29 項之方法，其中該經修飾之表面在 750°C 至 850°C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達至少 100 小時時發展出該氧化物銹皮。

33. 如申請專利範圍第 29 項之方法，其中該氧化物銹皮特徵為 a_0 在 4.95 至 5.04 埃之範圍內而 c_0 在 13.58 至 13.75 埃之範圍內。

34. 如申請專利範圍第 29 項之方法，其中該氧化物銹皮特徵為標稱晶格參數 $a_0=4.98$ 埃而 $c_0=13.57$ 埃。

35. 一種製造固體氧化物燃料電池之方法，該方法包含

:

提供至少一互連件，其中該互連件包含一包括鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬之總重大於 0.02 重量 %，且其中該互連件包含至少一經電化學修飾之表面；以及

由該至少一互連件及包含至少一陽極、至少一陰極、及至少一電解質之額外組件組裝該固體氧化物燃料電池。

36.如申請專利範圍第 35 項之方法，其中該至少一經電化學修飾之表面為至少一經電解拋光之表面。

37.如申請專利範圍第 35 項之方法，其中該至少一經電解拋光之表面在 750℃ 至 850 °C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達至少 100 小時時發展出一包含鐵及鉻且具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮， a_0 在 4.95 至 5.04 埃之範圍內而 c_0 在 13.58 至 13.75 埃之範圍內。

38.如申請專利範圍第 37 項之方法，其中該氧化物銹皮特徵為標稱晶格參數 $a_0=4.98$ 埃而 $c_0=13.57$ 埃。

39.如申請專利範圍第 35 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含 16 以迄 19 重量 % 鉻。

40.如申請專利範圍第 35 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含 0.2 以迄 1.0 重量 % 鋁。

41.如申請專利範圍第 35 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含（以重量百分比計）18 以迄 22 之鉻、0.4 至 0.8 之鋁及 0.02 至 0.2 之稀土金屬。

42.如申請專利範圍第 35 項之方法，其中該固體氧化物燃料電池為平面型固體氧化物燃料電池。

43.一種肥粒不銹鋼，包含鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻，其中稀土金屬之總重大於 0.02 重量 %，該肥粒不銹鋼尚包含至少一經修飾之表面，該至少一經修飾之表面在受到高溫氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且具有不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。

44.如申請專利範圍第 43 項之肥粒不銹鋼，其中該氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之 a_0 及 c_0 不同。

45.如申請專利範圍第 43 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經修飾之表面在 750°C 至 850°C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中時發展出該氧化物銹皮。

46.如申請專利範圍第 43 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經修飾之表面在 750°C 至 850°C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達至少 100 小時時發展出該氧化物銹皮。

47.如申請專利範圍第 43 項之肥粒不銹鋼，其中該氧化物銹皮特徵為 a_0 在 4.95 至 5.04 埃之範圍內而 c_0 在 13.58 至 13.75 之範圍內。

48.如申請專利範圍第 43 項之肥粒不銹鋼，其中該氧化物銹皮特徵為標稱晶格參數 $a_0=4.98$ 埃而 $c_0=13.57$ 埃。

49.如申請專利範圍第 43 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經修飾之表面為至少一經電化學修飾之表面。

50.如申請專利範圍第 45 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經電化學修飾之表面為至少一經電解拋光之表面。

51.如申請專利範圍第 50 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經電解拋光之表面在 750℃ 至 850 °C 範圍內之溫度加熱於氧化用蒙氣中達至少 100 小時時發展出該氧化物銹皮，且其中該氧化物銹皮特徵為 a_0 在 4.95 至 5.04 埃之範圍內而 c_0 在 13.58 至 13.75 埃之範圍內。

52.如申請專利範圍第 51 項之肥粒不銹鋼，其中該氧化物銹皮特徵為標稱晶格參數 $a_0=4.98$ 埃而 $c_0=13.57$ 埃。

53.一種肥粒不銹鋼，包含鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻，其中稀土金屬之總重大於 0.02 重量 %，且其中該肥粒不銹鋼尚包含至少一經電化學修飾之表面。

54.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經電化學修飾之表面為至少一經電解拋光之表面。

55.如申請專利範圍第 54 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經電解拋光之表面在 750℃ 至 850 °C 加熱於氧化用蒙氣中達至少 100 小時時發展出一包括鐵及鉻且具有赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮， a_0 在 4.95 至 5.04 埃之範圍內而 c_0 在 13.58 至 13.75 埃之範圍內。

56.如申請專利範圍第 54 項之肥粒不銹鋼，其中該氧化物銹皮特徵為標稱晶格參數 $a_0=4.98$ 埃而 $c_0=13.57$ 埃。

57.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，包含 16 以迄 19 重量 % 之鉻。

58.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，包含至少為

0.2 重量 %之鋁。

59.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，包含 0.2 以迄 1.0 重量 %之鋁。

60.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，其中在該肥粒不銹鋼中之稀土金屬總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。

61.如申請專利範圍第 53 項之方法，其中該肥粒不銹鋼包含至少一由鈾、釷、釷及鉛中選出之稀土金屬。

62.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，其中在該肥粒不銹鋼中之稀土金屬總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。

63.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，包含（以重量百分比計）18 以迄 22 之鉻、0.4 至 0.8 之鋁、及 0.02 至 0.2 之稀土金屬。

64.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，尚包含（以重量百分比計）高至 3 之鎳、高至 3 之錳、高至 0.7 之矽、高至 0.07 之氮、高至 0.07 之碳及高至 0.5 之鈦。

65.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，包含（以重量百分比計）約 22 之鉻及約 0.6 之鋁、鈾及釷，其中鈾及釷重量之和約高至 0.10。

66.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，包含 16 至小於 30 重量 %鉻、至少 0.2 重量 %鋁、及至少一稀土金屬，其中稀土金屬之總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。

67.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經電化學修飾之表面在受到屬固體氧化物燃料電池內特性操作條件之蒙氣及溫度條件時顯現增進之抗氧化性。

68.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經電解拋光之表面在約 750 °C 空氣中具有以 $\log k_p$ 小於 -9.1 克²/厘米⁴小時予以定性之抗氧化性。

69.如申請專利範圍第 53 項之肥粒不銹鋼，其中該至少一經電解拋光之表面在約 850 °C 空氣中具有以 $\log k_p$ 小於 -8.5 克²/厘米⁴小時予以定性之抗氧化性。

70.一種肥粒不銹鋼，包含 16 至小於 30 重量%鉻、至少 0.2 重量%鋁、及至少一稀土金屬，其中稀土金屬之總重大於 0.02 以迄 1.0 重量%，該肥粒不銹鋼尚包含至少一抗氧化之經電解拋光表面，在 750°C 至 850 °C 範圍內之溫度加熱於空氣中時發展出一富含鋁之氧化物層。

71.一種燃料電池，包含：

一陽極；

一陰極；

一在該陽極與該陰極中間之固體電解質；以及一包含一包括 16 至小於 30 重量%鉻、至少 0.2 重量%鋁、及至少一稀土金屬之肥粒不銹鋼之互連件，其中稀土金屬之總重大於 0.02 以迄 1.0 重量%，該肥粒不銹鋼尚包括至少一經修飾之表面，其中該經修飾之表面在受到高溫之氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且具有不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。

72.如申請專利範圍第 71 項之燃料電池，其中該氧化物銹皮之晶格參數 a_0 及 c_0 與 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ 之

a。及 c。不同。

73.如申請專利範圍第 71 項之燃料電池，其中該至少一經修飾之表面為至少一經電化學修飾之表面。

74.一種燃料電池，包含：

一陽極；

一陰極；

一在該陽極與該陰極中間之固體電解質；以及一包含一包括鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻之肥粒不銹鋼之互連件，其中稀土金屬之總重大於 0.02 重量 %，且其中該肥粒不銹鋼尚包括至少一經電化學修飾之表面。

75.如申請專利範圍第 74 項之燃料電池，其中該至少一經電化學修飾之表面為至少一經電解拋光之表面。

76.如申請專利範圍第 74 項之燃料電池，其中該肥粒不銹鋼在 750℃ 至 850 °C 加熱於氧化用蒙氣中達至少 100 小時時發展出一包括鐵及鉻且具有一赤鐵礦結構之富含鋁之氧化物銹皮，a。在 4.95 至 5.04 埃之範圍內而 c。在 13.58 至 13.75 埃之範圍內。

77.如申請專利範圍第 76 項之燃料電池，其中該氧化物銹皮特徵為標稱晶格參數 a。=4.98 埃而 c。=13.57 埃。

78.如申請專利範圍第 74 項之燃料電池，其中該肥粒不銹鋼包含 16 至小於 30 重量 % 鉻、至少 0.2 重量 % 鋁、及至少一稀土金屬，其中稀土金屬之總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %。

79.如申請專利範圍第 74 項之燃料電池，其中該肥粒不銹鋼包含（以重量百分比計）18 以迄 22 之鉻、0.4 至 0.8 之鋁及 0.02 至 0.2 之稀土金屬。

80.如申請專利範圍第 74 項之燃料電池，其中該燃料電池係由固體氧化物燃料電池及平面型固體氧化物燃料電池中選出。

81.如申請專利範圍第 74 項之燃料電池，其中該燃料電池係一包含多個電池之燃料電池堆疊，各電池包含一陽極、一陰極、一電解質以及一互連件，各互連件將該多個電池以串聯方式電連接。

82.一種燃料電池互連件，包含一包括 16 至小於 30 重量 % 鉻、至少 0.2 重量 % 鋁、及至少一稀土金屬之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬總重大於 0.02 以迄 1.0 重量 %，該肥粒不銹鋼尚包含至少一修飾表面，其中該經修飾表面在受到高溫之氧化用蒙氣時發展出一包含鉻及鐵且具有一不同於 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 之赤鐵礦結構之富含鋁之抗氧化導電性氧化物銹皮。

83.一種燃料電池互連件，包含一包括鋁、至少一稀土金屬及 16 至小於 30 重量 % 鉻之肥粒不銹鋼，其中稀土金屬總重大於 0.02 重量 %，且其中該肥粒不銹鋼尚包含至少一電化學修飾表面。